

超声诊断的基础和原理

The Basic Principle of Ultrasound Imaging



Dr. Carina Li
Division of Pain Medicine
Department of Anaesthesiology
University of Hong Kong
Hong Kong



郭永康 , MK KARMAKAR,
香港中文大学
麻醉与深切治疗系
威尔斯亲王医院
沙田, 香港
2007

掌握

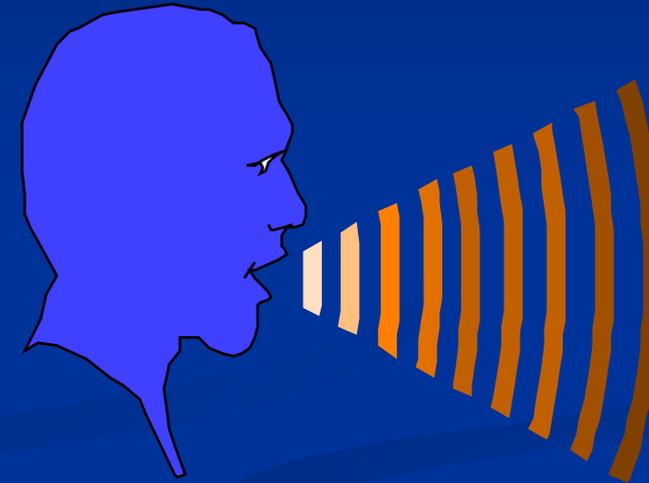
- 1、 超声 一些基本概念
- 2、 超声 基本物理特性
- 3、 超声 成像原理

1、 超声 一些基本概念



什么是声波？ What is sound?

- 物体**振动**后产生声波
- 一系列疏密**机械波**
- 可通过**介质** (medium)传播
- 测量单位：赫兹 (Hz)



超声波

ultrasound

- 声波频率大于20,000 Hz
 - 超过正常人耳听觉上限值频率的声音叫做“超声”
- 次声 - 0-20 Hz
- 可听声 - 20 Hz to 20,000 Hz
- 超声 - >20,000 Hz (or 20 KHz)
- 医学超声 - 2.5 MHz to 15 MHz

声源

Sound's source

- 声源：声带、鼓面

超声诊断中的声源

- 探头中晶片高频振动 → 即产生超声
- 探头晶片为声源；

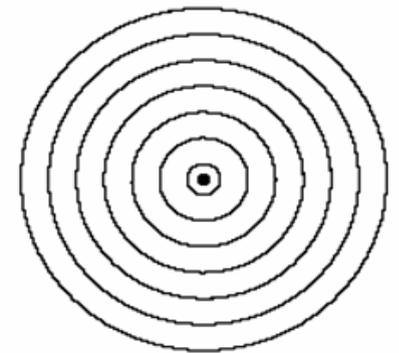
介质 medium

- 气体 (gas)、液体 (liquid)、固体 (solid) 是传播声音的媒介物称**介质** (medium)
- 声波必须在介质中传播，不能在真空 (vacuum) 中传播；
- **超声诊断中**
 - 人体脏器、器官都是介质

2、 超声 基本物理特性

超声波：3个基本物理量

- 波长()
 - 波长 = 两前向振动波之间距离。
- 频率(f)
- 声速(v)
- 它们之间的关系为
 - 速度 $v =$ 频率 $f \times$ 波长
 - 即 $\lambda = v / f$



声速 (v)

■ 固体 > 液体 > 气体

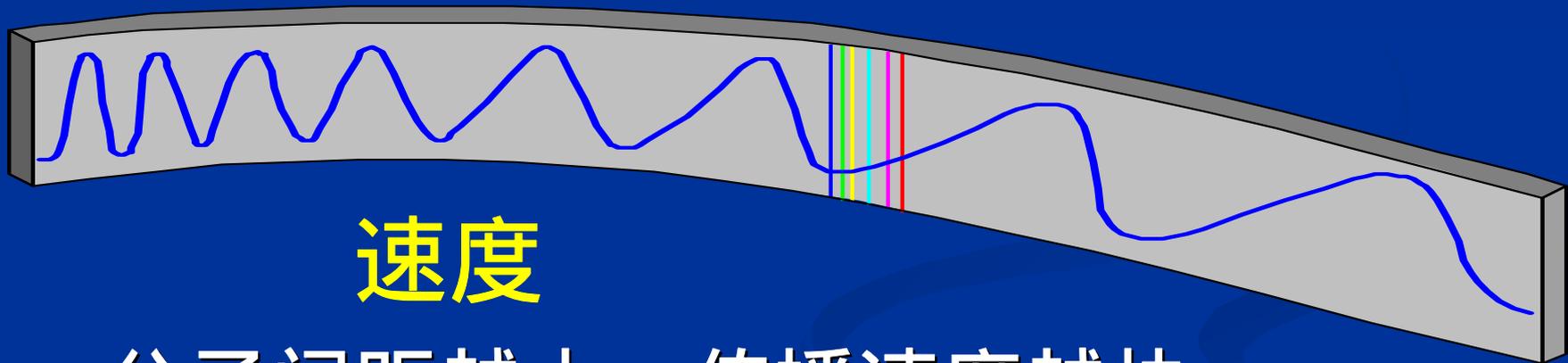
骨骼
4080m/s



软组织
1540 m/s



气体
330m/s



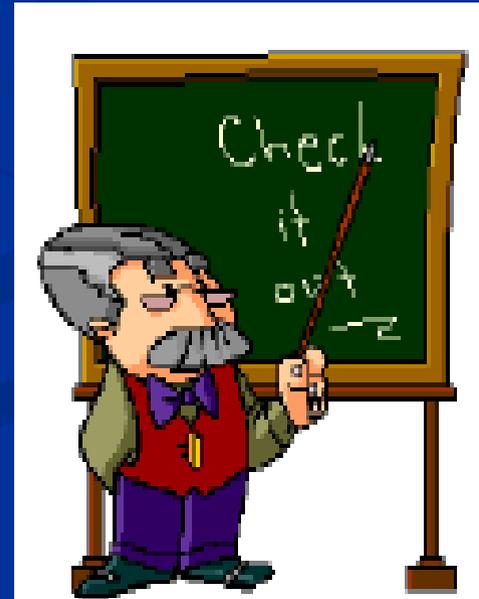
分子间距越小，传播速度越快

组织传播速度 (v) 假定声波在软组织中平均传播速度为1540m/s (1.54mm/ms) 是为计算目标的距离。

声阻抗

Acoustic Impedance

- 声波在组织（介质）中传播时所受到的阻力
- 声阻抗(Z) = 介质密度 (ρ) x 声速 (V)
- 高密度的颅骨较高
- 软组织的次之
- 空气密度低，声阻抗最小。



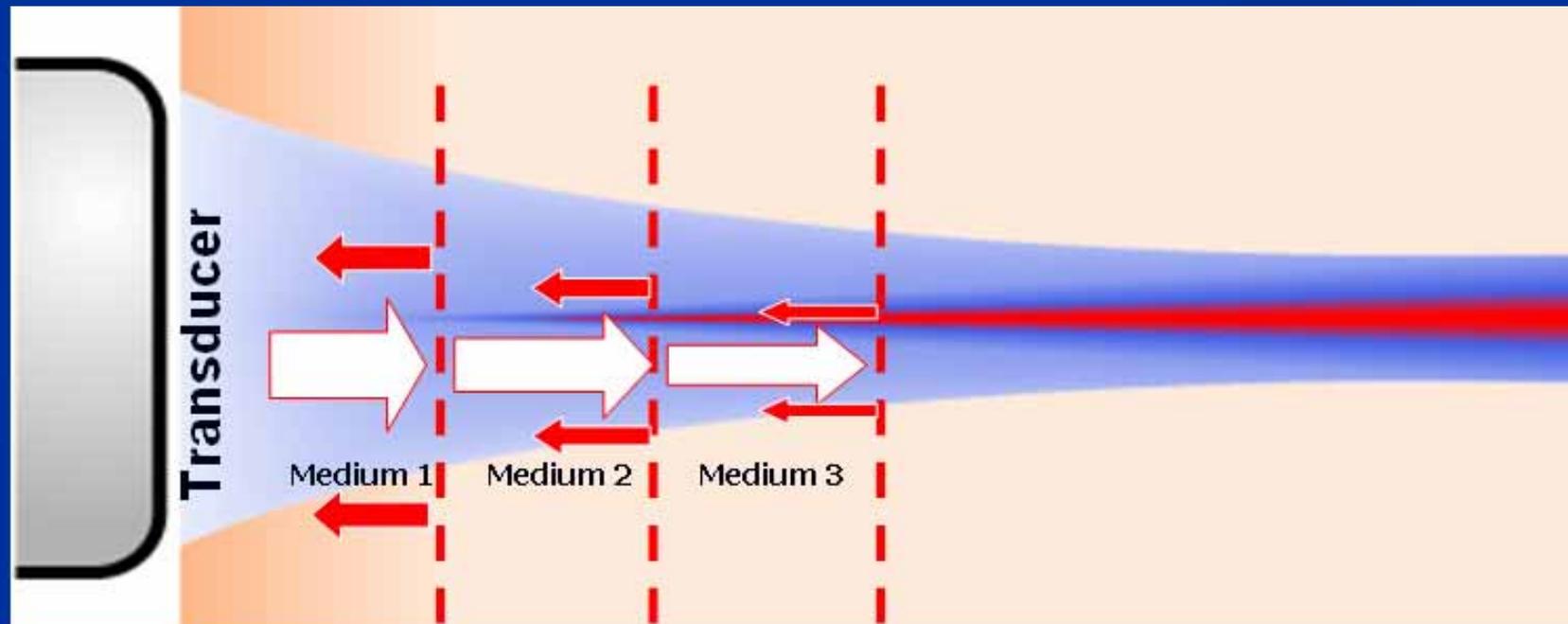
超声波在传播过程中，产生：

- 反射 (reflection)
- 衰减 (attenuation)
- 透过 (transmission)、
- 折射 (refraction)
- 散射 (scattering)、和
- 多普勒效应 (Doppler effect) 等现象，

- 声阻抗相差很大时 → 产生强反射 → 很少透射

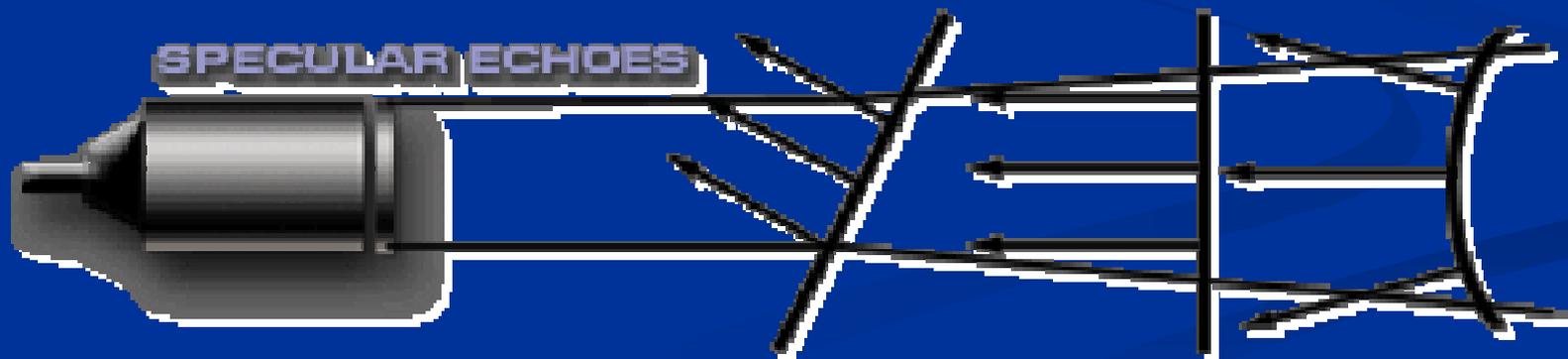
反射 (reflection)

- 不同声抗物质 \rightarrow 声阻抗差 $> 1\%$ 时便产生反射
- 声阻抗差别越大 = 反射信号越强



镜面反射 (Specular reflectors)

- 大界面反射
- 产生较多的反射信号
- 如果与声波束垂直则完全反射



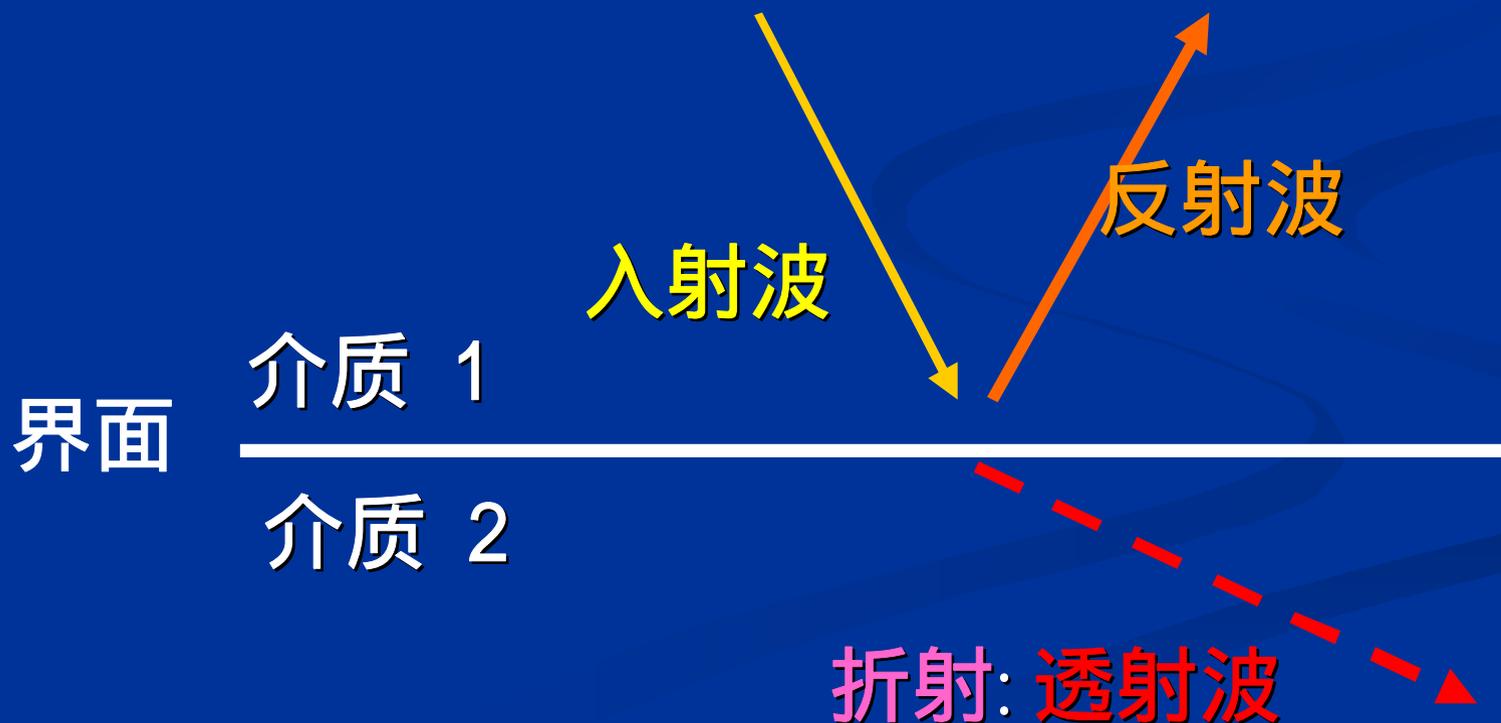
垂直不产生折射

- 若入射波与界面是垂直
- 反射波即按入射波方向反射
- 透射波 的方向与入射波方向一致
- 即不产生折射。



折射

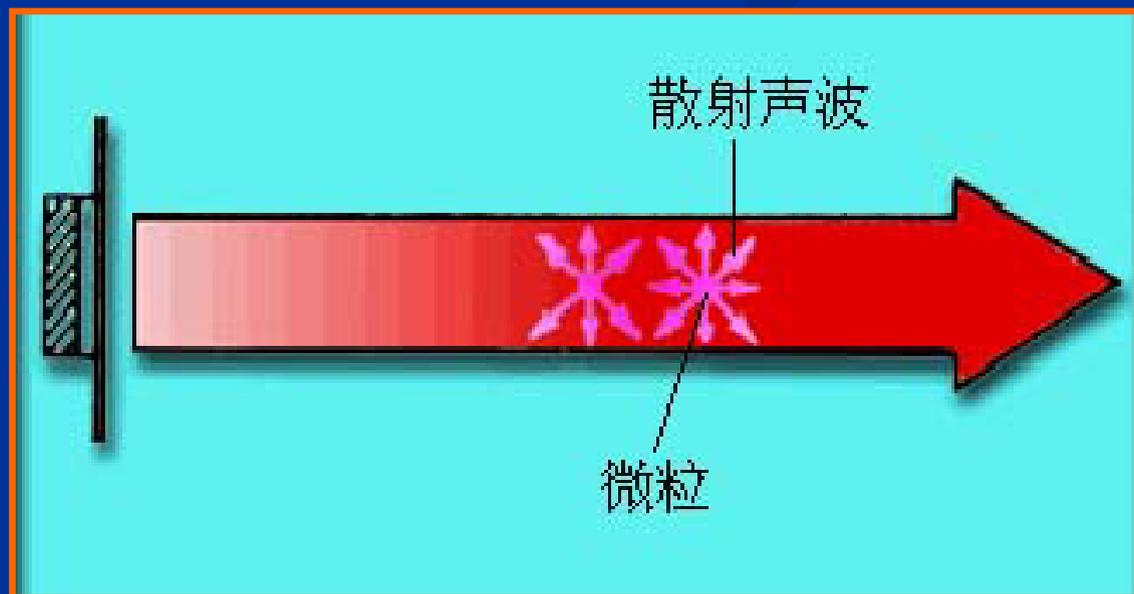
- 入射波与界面不是垂直：入射角
- 反射波不按入射波方向反射
- 透射波产生折射



散射

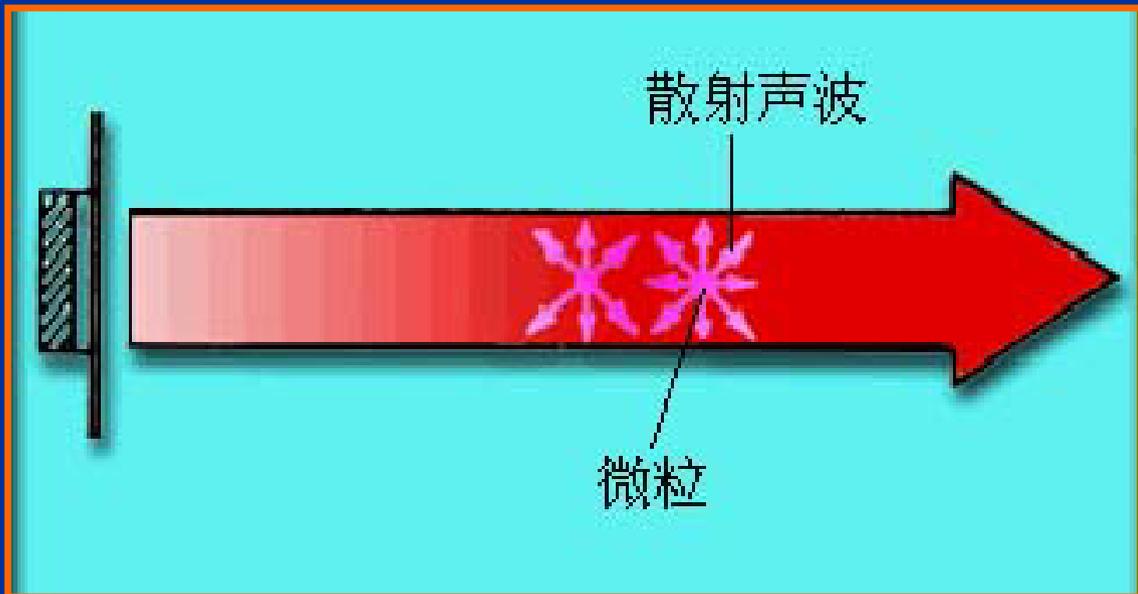
Scatter reflectors

- 小界面 → 散射
- 当反射物体宽度小于超声波波长时产生散射
- 散射无方向性。



- 如观测更小的影像 → 需要更短的波长
- 需要增加超声波的频率

$$V = f \times \lambda$$



散射

衰减 (Attenuation)

- 声束在介质中传播
 - 小界面散射
 - 大界面反射
 - 折射
 - 组织对超声能量的吸收
- → 等造成声能损失。

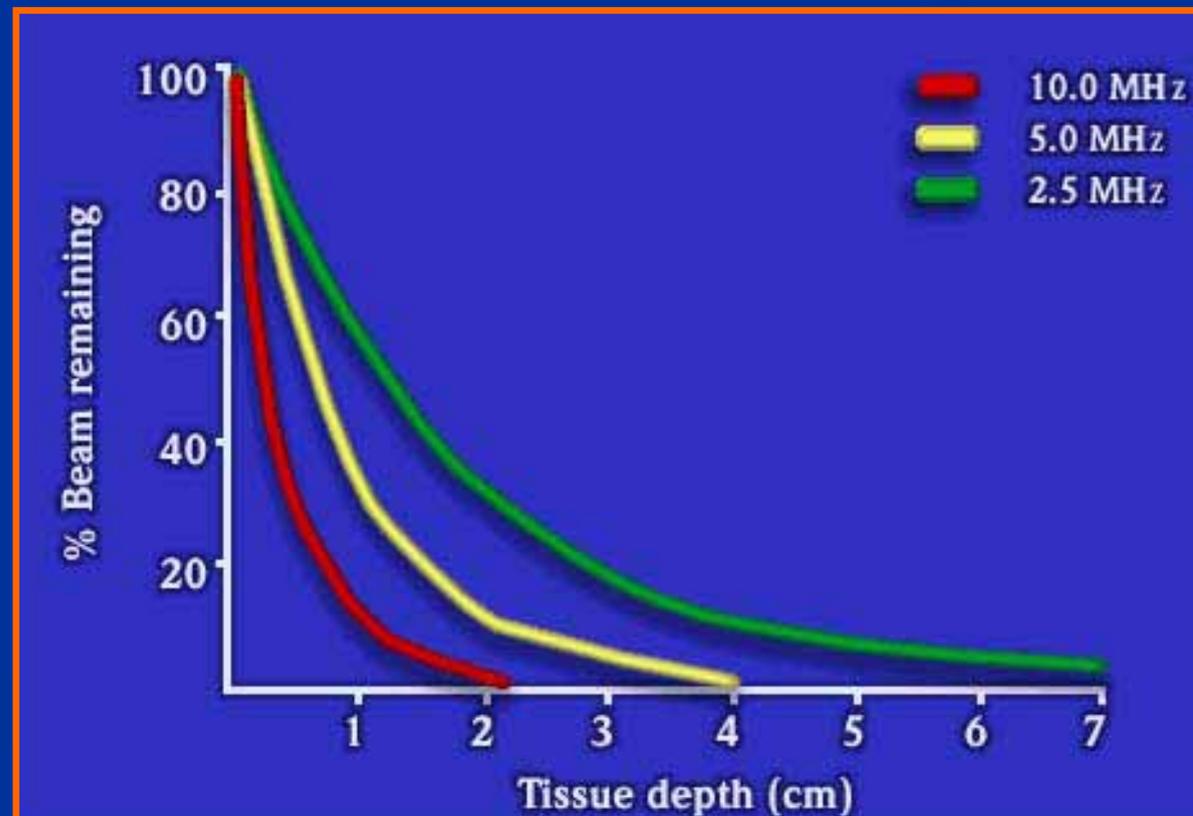
不同组织衰减程度不一

- 骨组织 > 肌腱 > 脂肪 > 血液。
- 衰减限制了超声向深层介质的透射深度

穿透力 (penetration)

- 超声频率越高 → 衰减越大
- 穿透力 与 超声频率成反比)

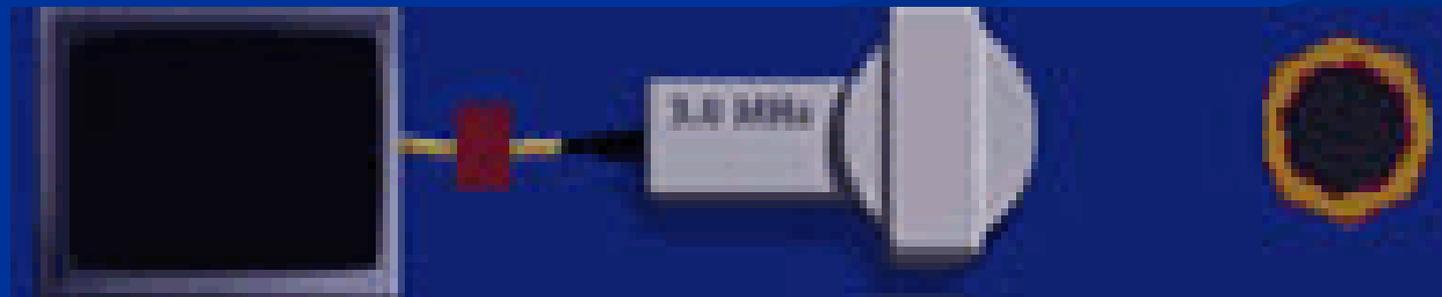
- 频率高穿透力小。



3、 超声 成像原理

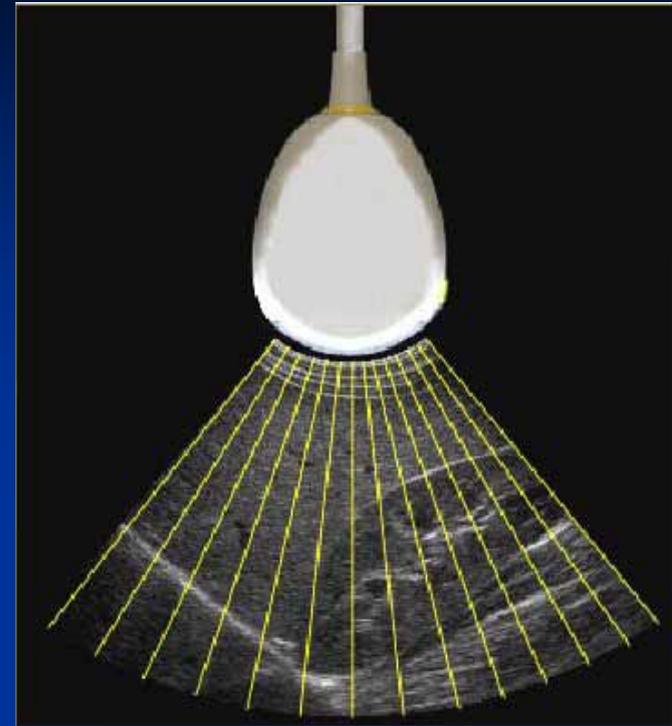
超声成像原理

- 一. 扫描探头中晶体 → 发射短脉冲超声
- 二. 在组织介质中传播 → 在组织界面上反射
- 三. 反射信号返回探头 → 接收放大
- 四. 显示图形



图象显示

- 界面反射是超声成像的基础；
 - 根据回声的强弱
 - 用明暗不同的光点显示在荧屏上
 - 回声强则光点亮，回声弱则光点暗。



图象显示

- 强反射（高密度）= 白色光点
 - 隔膜，结石，骨骼
- 弱反射= 灰色光点
 - 大多数固体组织
- 无反射（低密度）= 黑色光点
 - 液体物质包括囊肿，尿液，血液



超声束厚度

Thickness of ultrasound beam

- 超声图像显示为切层 (断层) 图像
- 切片厚度约 1 mm 厚
- 产生的图像是“二维”的断层图像



空间分辨力 (Spatial resolution)

- 空间分辨力就是能清晰区分细微组织之间差别的能力。

分为

- 横向分辨力 (Lateral resolution)

和

- 轴向分辨力 (Axial Resolution)

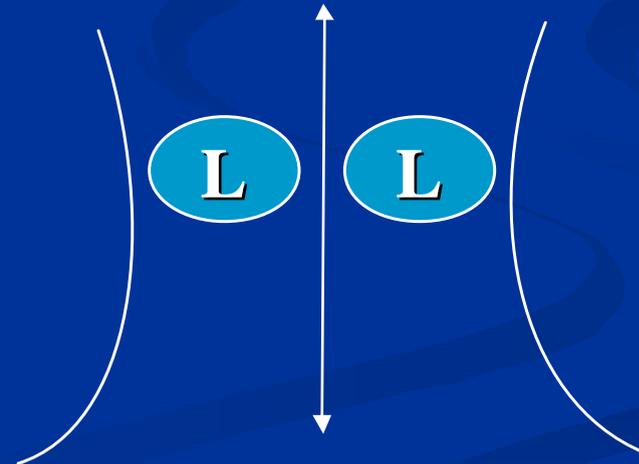
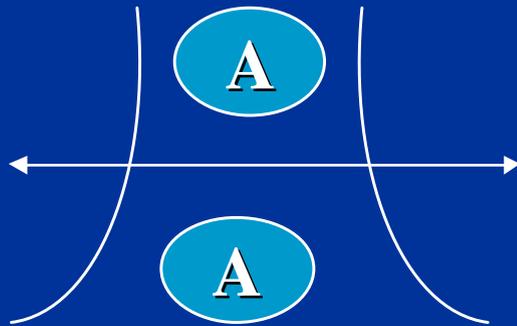
分辨力

Axial Resolution

Lateral Resolution

轴向分辨力

横向分辨力



轴向分辨力

- 轴向分辨力与超声波的频率成正比
- 提高探头频率 → 提高轴向分辨力

横向分辨力

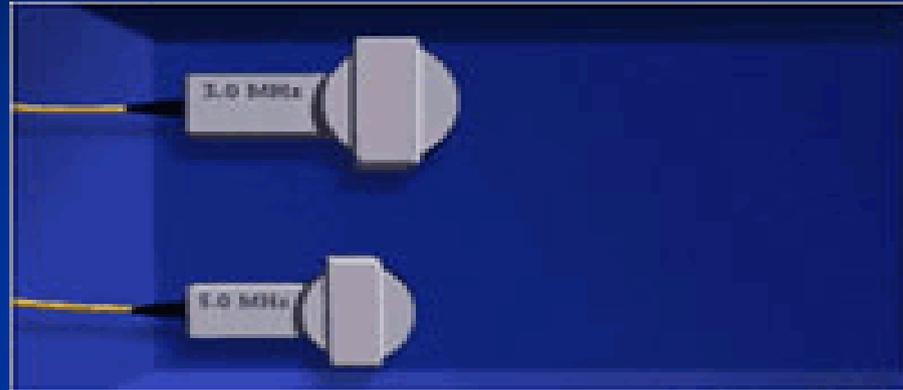
Lateral resolution

- 改善横向分辨力：
 - 用高频脉冲；
 - 对超声波进行聚焦，
 - 增加每帧图像扫描线的数目。

探头频率的频率与分辨率

3.0 MHz

5.0 MHz



■ \uparrow 频率 = \uparrow 分辨率

- 12MHz的探头具有很好的分辨率，但是穿透性下降。

■ \downarrow 频率 = \uparrow 穿透性

- 3 MHz 的探头具有良好的体内穿透性但是分辨率没有12 MHz 探头好。

频率与分辨率

➤ 低频探头 (3-5 MHz)

➤ 深的腹部脏器如肝脏、胆囊、肾脏的扫描

➤ 高频探头 (10-15 MHz)

➤ 表浅结构组织如臂丛，需要高分辨率，但是超声波穿透性仅仅有3 - 4cm.

➤ 中频探头 (4-7 MHz)

➤ 较深组织结构，如位于锁骨下的臂丛神经和成人的坐骨神经.

对比度分辨力

Contrast Resolution

- 像素数越多，灰阶愈多，图像的对比度愈好，分辨力愈高；
- 声线数越多，图像越清晰细腻，分辨细节的程度愈高，对比度愈好。

超声诊断的基础和原理



Web link: www.usgraweb.hk

Copyright: Department of Anesthesia and Intensive Care,
CUHK